

Suivi Du Charriage Avec Des Hydrophones: Une Validation Sur Le Terrain

Auteur correspondant : Mohamad NASR, INRAE, Université Grenoble Alpes, 38000 Grenoble, France, mohamad.nasr@inrae.fr

Auteurs de la communication :

Adele JOHANNOT, INRAE, UR ETNA, 38000 Grenoble, France.

Thomas GEAY, BURGEAP, R&D, 38000 Grenoble, France

Sébastien Zanker, EDF, Division Technique Générale, 38000 Grenoble, France

Alain RECKING, INRAE, UR ETNA, Univ. Grenoble Alpes, 38000 Grenoble, France.

1. Introduction

Le transport du charriage est un facteur clé qui contrôle la morphologie des rivières. En outre, la quantification du transport des sédiments est nécessaire pour diverses applications, notamment l'atténuation des risques d'inondation, la restauration des rivières et l'ingénierie de la sédimentation en général. Les modèles prédictifs sont encore très imprécis et doivent être calibrés. Cependant, l'obtention d'une estimation précise de charriage par des mesures directes est coûteuse et difficile.

Des recherches récentes montrent que l'hydrophone peut être utilisé pour surveiller le bruit auto-généré (ou Self Generated Noise, SGN) résultant de la collision de particules [1]. Des études expérimentales et théoriques montrent que la puissance acoustique due au bruit auto-généré est liée au flux de charriage par des lois puissance. Une étude de Geay et al. (2020) [1] a proposé une calibration multi-site. Pour cela, 25 mesures de charriage et d'acoustique ont été réalisées sur 14 rivières de différentes caractéristiques (la pente, la vitesse de l'eau, la rugosité du lit), principalement dans les Alpes françaises,

Le résultat de ces campagnes a montré que la puissance acoustique transversale moyenne \bar{P} (Eq. 2b) est principalement corrélée au flux spécifique moyen de charriage \bar{q}_s (Eq. 2a) de la rivière avec la relation suivante :

$$\bar{P} = 9.08 \times 10^{10} \bar{q}_s^{1.28} \quad (1)$$

La relation précédente permet de représenter l'ensemble des rivières quelques soient leurs caractéristiques mais elle inclut une certaine gamme de variabilité (coefficient de corrélation $R^2 = 0.57$). Par conséquent, l'objectif principal de cette étude est de tester et de valider la relation obtenue ci-dessus entre la puissance acoustique et le flux de charriage et de chercher à augmenter sa robustesse pour une utilisation future dans le suivi du transport solide. Pour cette raison, nous avons réalisé une nouvelle campagne de mesures acoustiques et de transport solide sur plusieurs rivières françaises.

2. Méthode

Nous présentons ici un résumé des protocoles utilisés pour mesurer le charriage et le SGN. Les mesures acoustiques ont consisté à mesurer le signal acoustique sur toute la largeur de la section transversale de la rivière à partir d'un hydrophone installé sur un radeau flottant. Simultanément, un échantillonnage direct du charriage a été effectué aux mêmes endroits de la section transversale de la rivière. D'autres mesures ont concerné l'hydraulique de la rivière (pente, hauteur d'eau).

Le transport solide est mesuré à partir des ponts traversant la rivière, en collectant les sédiments charriés avec un échantillonneur manuel Elwha ou Toutle River (TR2). Les mesures ont été effectuées à différentes positions sur la section transversale de la rivière avec une incrémentation de largeur égale. Pour chaque échantillon prélevé, le flux spécifique du charriage $q_{s,i}$ (en $g \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}$) a été calculé. Puis, le profil moyen du flux de charriage $q_{s,x}$ (en $g \cdot s^{-1} \cdot m^{-1}$) a été obtenu en faisant la moyenne du flux du charriage $q_{s,i}$ des échantillons du même lieu d'échantillonnage. Enfin, le flux spécifique moyen de charriage pour chaque rivière a été calculé en intégrant le profil $q_{s,x}$ sur la section transversale W mesurée (Eq. 1a).

Depuis un radeau flottant, les mesures acoustiques ont été réalisées avec un hydrophone HTI 99 branché sur une carte EA-SDA14 (société RTSYS). Ces mesures acoustiques ont été effectuées en faisant dériver le radeau depuis le pont à l'aide d'une corde afin de réduire les turbulences du bruit acoustique dues à la résistance à l'écoulement. Les signaux wav (V) enregistrés ont pu être convertis en signaux de pression p_i (μPa) en utilisant la sensibilité de l'hydrophone et le gain du système d'enregistrement. Pour chaque dérive, la densité spectrale de puissance médiane DSP_i ($\mu\text{Pa}^2 / \text{Hz}$) a été calculée avec une fenêtre de 20 millisecondes et un recouvrement de 50 % [2]. La puissance acoustique pour chaque dérive P_i (in Pa^2) a été obtenue par l'intégration fréquentielle de DSP_i . Comme pour le flux de charriage, le profil de puissance acoustique P_x (μPa^2) et la puissance acoustique transversale moyenne \bar{P} (Eq. 2b; en μPa^2) ont été calculés.

$$\bar{q}_s = \frac{\int q_{s,x}(x)dx}{W}, \quad (2a) \quad \bar{P} = \frac{\int P_x(x)dx}{W}, \quad (2b)$$

Résultat

15 mesures de SGN et de charriage ont été effectuées pendant la saison de fonte de neige (avril-juillet 2021). De nouvelles valeurs de flux de charriage ont été mesurées dans la gamme supérieure (jusqu'à $2000 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ comparé à $350 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$ en 2018). La figure 1 représente les nouvelles valeurs de la campagne de 2021 de \bar{q}_s et \bar{P} (en rouge) et les précédentes obtenues par Geay et al. (2020) (en bleu), ainsi que leur relation ajustée respective. En première conclusion, les résultats obtenus lors de notre campagne de terrain confirment les résultats de Geay et al. (2020) [1]. La comparaison statistique utilisant le F-test montre qu'il n'y a pas de différence statistiquement significative entre les deux jeux de données. La combinaison de ces deux jeux de données permet d'augmenter la robustesse de la courbe de calibration sur une gamme plus large de flux de sédiments. Une courbe de calibration ajustée avec les deux jeux de données est présentée figure 1 (en noir).. Son coefficient de corrélation de Pearson sur les valeurs logarithmiques de \bar{P} et \bar{q}_s a été amélioré et a été évalué à $R^2=0.72$.

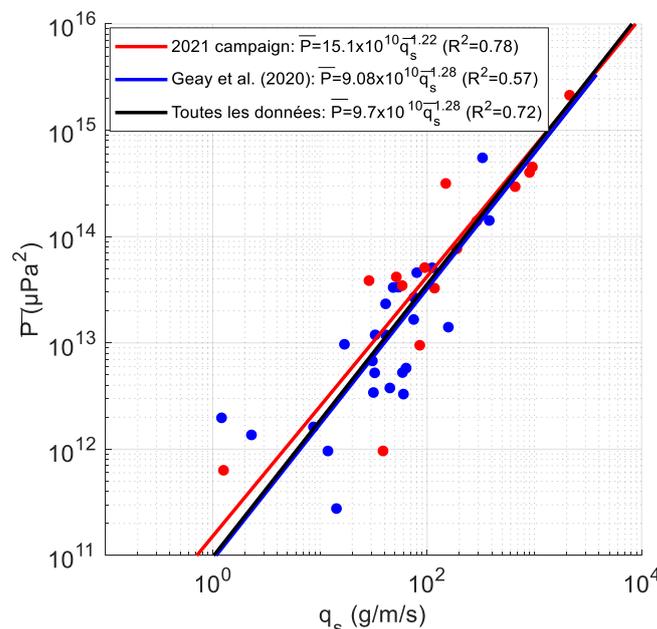


Figure -1 Courbe de calibration pour la nouvelle campagne de terrain en 2021 (en rouge), la campagne de Geay et al. (2020) (en bleu), et toutes les données combinées (en noir).

RÉFÉRENCES

[1] Geay, T., Zanker, S., Misset, C., & Recking, A. (in review), Passive acoustic measurement of bedload transport : towards a global calibration curve ? Journal of Geophysical Research : Earth Surface.

Merchant, N. D., Barton, T. R., Thompson, P. M., Pirotta, E., Dakin, D. T., & Dorocicz, J. (2013). Spectral probability density as a tool for marine ambient noise analysis. *Proceedings of Meetings on Acoustics*, 19(March 2013), 010049–010049. <https://doi.org/10.1121/1.4799210>